Über den Mineralbestand des Göttinger Lias

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Vorgelegt von
Amba Datt Kharkwal
aus Almora U. P. (Indien)

Göttingen 1959

D 7

Referent: Prof. Dr. Correns

Korreferent: Prof. Dr. Bederke

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 1959

Sonderdruck aus:

„Beiträge zur Mineralogie und Petrographie"

7,45 - 62 (1959)

Beiträge zur Mineralogie und Petrographie 7, 45—62 (1959)

Über den Mineralbestand des Göttinger Lias

Von

Amba Datt Kharkwal

Mit 2 Textabbildungen

(Eingegangen am 21. August 1959)

Abstract

A petrographical study of the Rhät-Lias succession of rocks exposed in the quarries of some brickworks at Göttingen has been carried out by optical and chemical methods and by means of X-ray diffraction and differential thermal analysis (DTA). These sediments consist of dark grey shales with interbedded marl and fine- to mediumgrained sandstones. With the exception of one rocktype viz., the Hagenowi Sandstone, all the other rocks contain carbonate in smaller or larger amounts.

In the present section, the mineralogical composition of the clastic constituents is almost uniform from top to bottom. The coarse fractions ($>6{,}3\ \mu$) are composed of quartz, mica (muscovite and biotite), feldspars (Na and K), quartz-mica aggregates, chlorite, haematite and heavy minerals (tourmaline and zirkon). The clay fractions are characterised by a predominance of dioctahedral illite. Other components of the clay fractions are kaolinite, chlorite and irregular illite-montmorillonite mixed layers. Regular illite-chlorite mixed layers have also been found in the fine fraction of the Hagenowi Sandstone. Quantitative determination of the clay minerals was made partly with DTA and partly from the X-ray diffraction patterns.

The carbonates show, on the other hand, a striking qualitative variation. The lower part of the section is characterised by the occurrence of a mixed carbonate approaching dolomite in composition (35—40 Mol-% Mg), which is replaced more and more towards the top by pure calcite. The latter is the dominant carbonate in the upper beds.

Authigenic pyrite, gypsum, barite and lepidocrocite have been found.

Pebbles of basalt and heavy minerals of basaltic origin such as augite and hornblende found in the uppermost bed i. e., the Angulaten Sandstone, have geological significance, because until now evidence of volcanic activity in Mesozoic has not been known from the northern part of Middle Europe.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit bringt die Ergebnisse von sedimentpetrographischen Untersuchungen, die ausgeführt wurden an den Gesteinen der Rhät-Lias$_\alpha$-Folge, welche in den Ziegeleigruben Levin sowie Hente & Spiess am westlichen Stadtrand von Göttingen aufgeschlossen sind. Diese Sedimentgesteine, bestehend aus Tonen und Schiefertonen mit eingeschalteten Sandsteinbänken, sind ein Teil des Leinetalgrabens. Die Gliederung der Lias$_\alpha$-Schichten bei Göttingen ist aus nachstehender Aufstellung ersichtlich.

Die Lias$_{\alpha_1}$-Gliederung verdanken wir H. Jüngst und Herm. Schmidt (aus Stille[16] und Stille und Lotze[17]). Sie ist auf Grund der Cephalopoden gemacht und gilt noch im großen und ganzen. Die einzigen Änderungen, die Herm. Schmidt seither eingeführt hat, sind die Hinzufügung der Lederschiefer- und Hagenowi-Sandstein-Zonen und Benennung der Johnstoni-Schichten als Torus-Schichten (nach Psiloceras torus).

Beschreibung des Profils

Es handelt sich um eine konkordante Schichtenfolge, die mit kleinem Winkel nach Westen einfällt. Die Streichrichtung ist etwa N 30° W—S 30° E. Die

Hangendes: Arieten-Schichten ($Lias_{\alpha 3}$)

Angulatenzone ($Lias_{\alpha 2}$)	Sandstein	2—3 m
	Ton	20 m
Psilonotenzone ($Lias_{\alpha 1}$)	Proarietenzone: im betreffenden Gebiet nicht aufgeschlossen	
	Hagenowizone	
	Sandstein	0,50 m
	Ton	8 m
	Torus-Schichten	
	Helmstedtense-Schiefer	1,30 m
	Torus-Mergel	0,50 m
	Torus-Schiefer	0,50 m
	Planorbis-Zone	
	Schieferton	0,50 m
	Kalksandstein	0,20 m
	Lederschiefer	0,30 m
	Cardinia-Schiefer	0,20 m
	(wahrscheinlich äquivalent der englischen „Preplanorbis-Beds")[11]	

Liegendes: Rhät-Ton

gesamte Rhät-$Lias_{\alpha_1}$-Folge und ein Teil des Angulatentons ist in der Levinschen Ziegeleigrube aufgeschlossen, während die $Lias_{\alpha_2}$-Schichten in der Grube der Ziegelei Hente & Spiess gut aufgeschlossen sind. Die $Lias_{\alpha_1}$-Schichten sind tektonisch gestört, und man sieht deutlich zwei Verwerfungen in der Grube.

Der Rhät-Ton ist ein dunkelgrauer Ton, der nach oben hin von dem dunkelbraunen und etwas sandigen Cardinia-Schiefer und dem darauf liegenden Lederschiefer abgelöst wird. Der Planorbis-Kalkstein ist fest, feinkörnig und dunkel und verwittert mit gelber Farbe. Die hangenden Planorbis- und Torus-Schiefer bestehen aus sandigem grauen Ton. Der dunkle Torus-Mergel ist sehr fest und fällt durch bröckelige Verwitterung auf. Die dunklen Helmstedtense-Schiefer sowie der unterste Teil des Hagenowi-Tons sind dünnplattig und etwas blättrig und werden daher als „Papierschiefer" zusammengefaßt. Der obere Teil des Hagenowi-Tons besteht dagegen aus festem Ton, der Geoden und Pyrit, teilweise in gut ausgebildeten Kristallen, führt. Der Hagenowi-Sandstein ist feinkörnig und fest, in frischem Zustand hellgrau, im verwitterten gelbbraun. Die Angulaten-Schichten setzen sich zusammen aus dunklem Ton und dem darauf liegenden fein- bis mittelkörnigen grauen, kalkigen Sandstein, der gelbbraun verwittert.

Probenahme. Es wurden folgende repräsentative Proben genommen:

Nr. 10 Angulaten-Sandstein	5 aus der Papierschiefer-Zone
9 Angulaten-Ton	4 Torus-Mergel
8 Hagenowi-Sandstein	3 Planorbis-Schieferton
7 Hagenowi-Ton	2 Planorbis-Kalksandstein
6 aus der Papierschiefer-Zone	1 Rhät-Ton

Die Untersuchungsmethoden

Vorbereitung der Proben und Korngrößenanalysen

Die Aufbereitung der Proben zur Schlämmanalyse erfolgt nach der von CORRENS und SCHOTT[6] empfohlenen Normalmethode von ODÉN. Es wurde zur Korngrößenbestimmung 5 g lufttrockene Tonsubstanz eingewogen und in 0,01 n Ammoniakwasser suspendiert. Die Suspensionen wurden mindestens 40 Std in

einer rotierenden Schüttelmaschine geschüttelt. Anschließend wurden durch nasses Sieben die Fraktionen $> 63\,\mu$ abgetrennt. Der Rest wurde durch das Sedimentierverfahren im Atterbergzylinder in folgende Fraktionen geteilt:

$$< 2\,\mu,\quad 2\text{—}6{,}3\,\mu,\quad 6{,}3\text{—}20\,\mu,\quad 20\text{—}63\,\mu\ \varnothing.$$

Vergleichsproben wurden bei 110° C getrocknet und darauf die Gewichte der ausgeschlämmten Fraktionen bezogen.

Um die klastischen Bestandteile der kalkhaltigen Gesteine untersuchen zu können, ist es nötig, den Kalk zu entfernen. Die kalkigen Sandsteine und Mergel wurden zuerst im Stahlmörser bis zu etwa 5 mm Korngröße zerkleinert. Je 100 g von den Proben Nr. 2 und 10 und 10 g von Probe Nr. 4 wurden in Erlenmeyer-Kolben mit 0,1 n HCl behandelt. Die Kolben wurden mehrere Stunden lang von Hand geschüttelt, um eine vollständige Entfernung des Kalkes zu erreichen. Die Rückstände wurden auf Membranfiltern gesammelt und mit Wasser gewaschen, bis sie von HCl frei waren. Nach dieser Vorbehandlung wurden aus den Proben die Korngrößenklassen $> 63\,\mu$ durch Sieben getrennt. Die Fraktionen $< 63\,\mu$ wurden im Atterbergzylinder geschlämmt und weiter aufgeteilt.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind aus den Tabellen 1, 4, 6 und 9 zu entnehmen.

Probe Nr. 8, die sich nicht für Korngrößenanalysen aufbereiten ließ, wurde im Stahlmörser zerkleinert und im Holzmörser pulverisiert. Aus dem Pulver wurde durch Schlämmen im Atterbergzylinder eine Fraktion $< 2\,\mu$ zur Untersuchung qualitativ abgetrennt.

Röntgenographische Verfahren

a) Goniometer-Aufnahme. Die Röntgenanalysen wurden an den Fraktionen $< 6{,}3\,\mu$ mit dem Zählrohr-Goniometer (Müller Mikro 111) durchgeführt. Texturpräparate wurden dazu nach der von Jasmund beschriebenen Methode hergestellt. Man erhält sie durch Sedimentieren der Teilchen auf eine ebene Unterlage. Die blättchenförmigen Tonminerale ordnen sich dabei mit ihren (001)-Flächen parallel zur Unterlage an und lassen sich am sichersten durch ihre Basisinterferenzen erkennen. Die Aufnahmen wurden durchgeführt mit Cu-Röhre, Ni-Filter (36 kV, 14 mA, Untersetzung 16, Zeitkonstante 2, Meßfaktor 1).

Um zwischen den Tonmineralen unterscheiden zu können (Kaolinit und Halloysit, Illit und Vermikulit, Chlorit und Montmorillonit), deren Basisreflexe bei lufttrocknen Präparaten nahe beieinander liegen, wurde die von Bradley[1] empfohlene Glykol-Methode verwendet. Beim Behandeln mit Äthylenglykol nehmen die quellfähigen Minerale bzw. quellfähigen Schichten in Wechsellagerungsstrukturen Glykol auf. Damit werden die Basisabstände je nach der Mineralbeschaffenheit vergrößert und die Reflexe verschieben sich.

Zur Ermittlung quellfähiger Schichten in Wechsellagerungsstrukturen wurden außerdem Erhitzungspräparate bei 400°, 500° und 550° C angefertigt. Diese dienten auch zur Unterscheidung von Chlorit und Kaolinit.

Quantitative Bestimmungen der Tonminerale wurden nach der Methode von Johns, Grim und Bradley[12] durchgeführt.

Zur Unterscheidung von Karbonaten sowie Eisenoxyden wurden Pulveraufnahmen gemacht.

b) Röntgenaufnahmen mit der Guinier-Kamera nach v. Wolff. Dioktaedrische und trioktaedrische Illite wurden mit Hilfe der Guinier-Kamera nach v. Wolff[19] an Hand der (020)- und (060)-Reflexe unterschieden. Die Guinier-Aufnahme diente auch in manchen Fällen zur Identifizierung von Kaolinit.

Differentialthermoanalysen (DTA)

DTA wurde an den Fraktionen $< 6{,}3\ \mu$ durchgeführt. Die Aufnahmen liefen zunächst mit normaler Empfindlichkeit bis 1000° C, um die Tonminerale zu bestimmen. Nach der Abkühlung wurde mit großer Empfindlichkeit eine Aufnahme bis 600° C gemacht, um den Quarz auf Grund der endothermen Umwandlungsreaktion bei 573° C zu erfassen.

Quantitative Auswertung wurde an Kaolinit und Karbonat durchgeführt. Mit der DTA ist eine ungefähre quantitative Tonbestimmung möglich durch Vergleichsaufnahmen mit Hilfe von Eichmischungen von Standard-Mineralen. Wie groß die Genauigkeit der Angaben ist, hängt von der Ähnlichkeit des Standard-Minerals und des zu analysierenden Minerals in der Probe ab. Als Eichproben zur Bestimmung des Kaolinits wurden Mischungen von Kaolinit mit Illit hergestellt. Als Vergleichsillit diente der Illit von Fithian, und als Vergleichskaolinit wurde der Kaolinit von Langendernbach benutzt.

Eichmischungen: Kaolinit 10, Illit 90% — Kaolinit 20, Illit 80%.

Optische Untersuchung

a) Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop. Für die Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop wurden Streupräparate der Fraktionen $20-200\ \mu$ in Kanadabalsam eingebettet. Die Fraktionen $> 200\ \mu$ wurden entweder auf dem Objektträger mit dem Mikroskop oder mit der Lupe untersucht. Die in Kanadabalsam eingebetteten Präparate waren in den meisten Fällen ausreichend zur optischen Untersuchung. Nur zur Entscheidung spezieller Fragen wurden Einbettungsflüssigkeiten verschiedener optischer Dichte verwendet. Die quantitativen Bestimmungen erfolgten an jeder Fraktion durch Auszählen von 300—400 Mineralkörnern auf dem Kreuztisch. Wenn wenig Material vorhanden war, wurde die von Fairbairn[8] empfohlene Gelatine-Methode verwendet.

Die Fraktion $60-105\ \mu$ der Probe Nr. 10 enthielt eine große Menge von Schwermineralen. Es erschien daher zweckmäßig, diese abzutrennen. Es wurde 1 g Substanz eingewogen und die Schwerminerale daraus mit Bromoform im Scheidetrichter abgetrennt (Correns[4]).

Die Gesamtproben 2, 8 und 10 wurden mit Hilfe von Dünnschliffen untersucht, ebenso der Mineralbestand und das Gefüge des Ergußgesteins, das in Form von Geröllen in der Fraktion $> 610\ \mu$ von Probe Nr. 10 gefunden wurde.

b) Untersuchung mit dem Phasenkontrastmikroskop. Die Fraktion $6{,}3-20\ \mu$ ist mit dem normalen Polarisationsmikroskop schlecht zu untersuchen. Es wurde daher das Phasenkontrastverfahren nach Correns und Piller[5] und Piller[14] angewendet. Als Einbettungsmittel wurde zunächst o-Nitrotoluol ($n = 1{,}544$) verwendet. Dabei erschienen die höher brechenden Minerale, z .B. Glimmer und Chlorit, wegen des „positiven Phasenkontrasts" dunkel und die niedrigbrechenden heller. Die Quarzkörner, die dieselbe Lichtbrechung wie das Einbettungsmittel besaßen, nahmen eine hellblaue Farbe an. Diese Farbe hängt jedoch von den Dis-

persionsunterschieden zwischen den Teilchen und der Einbettungsflüssigkeit ab. Dieses Verfahren ermöglicht nicht nur eine qualitative Bestimmung der Minerale, sondern auch eine quantitative Auszählung. Karbonate, Feldspäte, Eisenminerale usw. konnten nach Umschaltung des Kondensators im normalen Hellfeld unterschieden und ausgezählt werden. Auch Chlorit und Glimmer konnten auf diese Weise unterschieden werden, denn der erste ist grün gefärbt, während die letzteren braun oder farblos sind. Um zwischen Baryt ($n_\alpha = 1{,}636$) und Muskovit ($n = \sim 1{,}611$) zu unterscheiden, wurde eine Einbettungsflüssigkeit mit $n = 1{,}615$ verwendet.

Chemische Analyse

Chemische Analysen wurden an den Proben Nr. 2, 7 und 10 teilweise nach der klassischen Methode und teilweise nach der Schnellmethode von Shapiro und Brannock[15] durchgeführt.

SiO_2, TiO_2, P_2O_5, Al_2O_3, MnO und Fe_2O_3 wurden kolorimetrisch nach Shapiro und Brannock bestimmt. Als Standard wurden Standard-Proben vom National Bureau of Standards benutzt. Die Messungen wurden mit dem Zeiss-Spektral-Photometer ausgeführt. CaO und MgO wurden komplexometrisch nach Shapiro und Brannock bestimmt. FeO, H_2O, FeS_2 und CO_2 wurden nach Hillebrand und Na_2O und K_2O flammenphotometrisch bestimmt. CO_2-Bestimmung wurde außerdem an Proben Nr. 1, 3, 4, 5, 6 und 9 durchgeführt.

Da die Probe Nr. 2 bei den Aufschlüssen einen dunklen Rückstand hinterließ, wurde im Anschluß daran eine Kohlenstoff-Bestimmung nach der von Correns[3] beschriebenen Methode ausgeführt.

Beschreibung der Proben

1. Die Tone

Die Tone haben qualitativ fast gleiche Mineralzusammensetzung. Es liegen nur quantitative Unterschiede vor.

Optische und chemische Untersuchung

Karbonate. Die Menge der Karbonate schwankt sehr in den Tonen. Der CO_2-Gehalt der Gesamtproben ist folgender:

Probe Nr.	1	3	5	6	7	9
CO_2%	0,85	9,8	10,15	1,92	0,21	11,01

Beim Einbetten in α-Bromnaphthalin ($n = 1{,}658$) zeigt es sich, daß zwei Arten von Karbonat vorhanden sind: 1. reiner Kalzit; 2. höher lichtbrechende Kristalle, wahrscheinlich ein Mischkarbonat, wie die nachfolgenden Röntgenuntersuchungen bestätigen. Die Proben Nr. 1 und 3 enthalten nur Mischkarbonate, während die anderen Tone beide Karbonate führen. Es wurde optisch festgestellt, daß bei den Proben Nr. 5, 6 und 7 in den Fraktionen $> 20\,\mu$ Kalzit und in den kleineren Mischkarbonat überwiegt. In Probe Nr. 9 besteht das Karbonat hauptsächlich aus Kalzit. Mischkarbonat kommt darin nur in sehr untergeordneter Menge vor und beschränkt sich auf die Fraktionen $< 63\,\mu$. In den Fraktionen $> 63\,\mu$ kommen auch die aus Kalzit gebildeten Schalen von Mikroorganismen (wahrscheinlich Foraminiferen) vor, die in Probe Nr. 9 deutlich zu sehen sind.

Tabelle 1. *Korngrößenanalysen und Mineralzusammensetzung der Tone*

Probe Nr.	Fraktion μ ⌀	%	Tonfraktion %	Karbonat %	Muskovit %	Aggregate %	Quarz %	Feldspat %	Eisenminerale %	Biotit %	Chlorit %	Turmalin %
9	<2	27,3	27,3*									
	2—6,3	23,1	23,1*									
	6,3—20	36,3		16,1	10,5	5,4	2,9	0,7	0,7			
	20—63	11,9		2,8	0,3	3,1	1,3	0,5	3,8	0,1		
	63—200	1,4		0,1	0,2	0,4	0,3	0,02	0,36	0,02		
	Summe	100,0	50,4	19,0	11,0	8,9	4,5	1,22	4,86	0,12		
7	<2	38,0	38,0*									
	2—6,3	26,0	26,0*									
	6,3—20	29,1		0,6	5,8	13,1	7,0	0,2	1,5		0,9	
	20—63	6,6		0,07	0,3	5,3	0,3	0,07	0,2		0,3	0,06
	63—200	0,3			0,02	0,2			0,06		0,02	
	Summe	100,0	64,0	0,67	6,12	18,6	7,3	0,27	1,76		1,22	0,06
6	<2	31,4	31,4*									
	2—6,3	23,8	23,8*									
	6,3—20	32,3		3,2	9,0	12,3	4,5	1,0	2,3			
	20—63	12,0		0,5	0,5	3,0	0,6	0,4	6,7	0,15		0,15
	63—200	0,5		0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,4	0,02		
	Summe	100,0	55,2	3,71	9,52	15,32	5,12	1,41	9,4	0,17		0,15
5	<2	22,8	22,8*									
	2—6,3	20,0	20,0*									
	6,3—20	30,4		7,6	5,5	8,8	4,8	0,9	2,7			0,1
	20—63	20,5		2,9	0,6	2,7	0,8	0,4	12,9			0,2
	63—200	6,3		0,4	0,2	0,4	0,4		4,9			
	Summe	100,0	42,8	10,9	6,3	11,9	6,0	1,3	20,5			0,3
3	<2	20,8	20,8*									
	2—6,3	13,5	13,5*									
	6,3—20	26,5		9,3	1,9	2,7	5,3	3,4	3,9			
	20—63	31,7		15,9	0,6	6,9	2,8	1,3	4,2			
	63—200	7,5		0,08	0,08	4,52			2,74		0,08	
	Summe	100,0	34,3	25,28	2,58	14,12	8,1	4,7	10,84		0,08	
1	<2	29,5	29,5*									
	2—6,3	21,5	21,5*									
	6,3—30	34,5		4,1	10,4	4,5	12,4	0,7	1,7		0,7	
	20—63	14,0		0,4	0,7	1,7	7,0	1,4	2,1	0,15	0,4	0,15
	63—200	0,5		0,01	0,15	0,03	0,08	0,05	0,07	0,04	0,07	
	Summe	100,0	51,0	4,51	11,25	6,23	19,48	2,15	3,87	0,19	1,17	0,15

* Mineralzusammensetzung s. Tabelle 3.

Die Karbonatkörner sind meistens unregelmäßig und ein wenig gerundet. Rhomboedrische Tracht ist nicht selten und die Spaltbarkeit ist in allen Fällen undeutlich. Die Körner sind farblos oder grünlich. n_ω für Kalzit beträgt 1,656 und für die Mischkarbonate 1,7 bei Probe Nr. 3 und 1,685 bei den anderen Proben.

Glimmer. Der Glimmer ist hauptsächlich Muskovit. Seine Menge nimmt von den groben Fraktionen zu den kleineren in allen Proben allmählich zu. Er kommt in farblosen oder schwach grünlichen Blättchen vor. Sie sind fast immer völlig klar und frei von allen Verunreinigungen, nur einige Blättchen enthalten unregelmäßig geordnete dunkle Einschlüsse von Eisenerz. Unter gekreuzten Nikols zeigt der Muskovit das Grau I. Ordnung. $2V_x$ liegt um 35°.

In sehr untergeordneter Menge kommt Biotit vor. Er ist in einigen Proben überhaupt nicht vorhanden. Wo er vorkommt, beschränkt er sich auf die Fraktionen $> 20\,\mu$. Er hat ähnliche Gestalt wie Muskovit, aber die Körner sind gelbbraun und am Rand etwas grün, wohl infolge unvollständiger Umwandlung (vielleicht in Chlorit). Der Pleochroismus ist sehr schwach. 2V ist sehr niedrig und die Körner sind fast einachsig.

Aggregate. Die Aggregate treten als unregelmäßig weiß durchscheinende oder braune Körner auf. Die braunen Körner sind im wesentlichen undurchsichtig, während die anderen eine leicht graue Polarisationsfarbe zeigen. Probe Nr. 7, die einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Aggregaten hat, wurde hinsichtlich der Aggregate sorgfältig untersucht. 5 g des Probepulvers wurden in 0,01 n Ammoniakwasser suspendiert und ungefähr 3 Monate lang in der Schüttelmaschine geschüttelt. Dabei blieben die Aggregate erhalten. Es gelingt auch nicht, die Aggregate der Fraktion $> 63\,\mu$ mit 0,5 n HCl zu zerstören. Ein Teil dieser Fraktion wurde auf Anregung von Herrn Prof. CORRENS mit NaCl behandelt, um evtl. darin als Bindemittel vorhandenen Gips zu entfernen. Der Versuch führte nicht zum Zerfall der Aggregate. Eine von dieser Fraktion hergestellte Guinier-Aufnahme zeigt die Reflexe von Quarz und Illit (dioktaedrisch). Wo am Rand der Aggregate die Lichtbrechung bestimmt werden konnte, liegt sie etwa bei 1,56—1,58. Sie müssen daher als Teilchen von Quarz und Glimmer, die wahrscheinlich durch Eisenhydroxyd verklebt sind, gedeutet werden.

Tabelle 2. *Chemische Analyse der Probe Nr. 7*

	%
SiO_2	53,63
TiO_2	1,92
Al_2O_3	20,11
Fe_2O_3	3,16
FeO	1,46
MnO	0,00
MgO	4,82
CaO	2,72
Na_2O	0,25
K_2O	3,57
H_2O^+	7,10
P_2O_5	0,24
CO_2	0,21
FeS_2	0,75
Summe	99,94

Quarz. Seine Menge in den Tonen, abgesehen von der Probe Nr. 1, liegt zwischen 4—8%. Er kommt in unregelmäßigen Körnern vor, die eckig oder etwas gerundet sind. Im allgemeinen sind sie farblos, aber einige sind auch durch Eisenhydroxyd gefärbt. Die optischen Eigenschaften sind normal. Feine dunkle und staubige Einschlüsse, die keine regelmäßige Ordnung haben, kommen in einigen Körnern vor. Wahrscheinlich handelt es sich um Eisenoxyd.

Feldspäte. Der Feldspatgehalt liegt zwischen 5 und einigen Zehntelprozent. Die Mehrzahl der Körner haben unregelmäßige Gestalt. Der Rest, der idiomorph ist, ist tafelig oder prismatisch. Da die Körner meistens klar und schwach-rosa gefärbt sind, lassen sie sich von den anderen Mineralkörnern deutlich unterscheiden. Die Spaltbarkeit ist nicht deutlich. Einige Körner zeigen auch polysynthetische Zwillinge. Manchmal sieht man auch trübe, dunkle oder grüne Einschlüsse, die sich optisch nicht identifizieren lassen. Sie liegen um das Zentrum der Körner oder parallel der Längsrichtung. In allen Fällen ist die Lichtbrechung geringer als Kanadabalsam (1,539). Um zwischen Kalium- und Natrium-Feldspäten zu unterscheiden, wurde eine Flüssigkeit mit $n = 1{,}527$ verwendet. Die Na-Feldspäte haben höhere Lichtbrechung als sie und die K-Feldspäte dagegen niedrigere. Es wurde gefunden, daß beide Typen vorhanden sind. Die Brechungszahl der Na-Feldspäte, die also zwischen 1,527 und 1,539 gefunden wurde, deutet darauf hin, daß es sich hier wahrscheinlich um Albit handelt. Der Achsenwinkel($2V_x$) der Na-Feldspäte der Fraktion $> 63\,\mu$ von Probe Nr. 9 konnte

zu etwa 98° bestimmt werden (U.-Tisch). Das stimmt mit dem Wert für Albit überein. Genauere optische Bestimmungen waren wegen der Kleinheit der Körner nicht möglich.

Chlorit. Er ist unregelmäßig verteilt in den Proben. Er kommt in unregelmäßigen oder glimmerähnlichen Blättchen vor, die bläulichgrün gefärbt sind. Der Pleochroismus ist sehr schwach. Die Doppelbrechung ist sehr niedrig, die Körner sind fast isotrop.

Eisenminerale. Bei den Eisenmineralen handelt es sich hauptsächlich um Eisenoxyd, wahrscheinlich Hämatit (α Fe_2O_3), wie die Pulveraufnahme der gröberen Fraktionen der Proben Nr. 3 und 5 zeigen. Einzelne Pyritkörner sind auch in den gröberen Fraktionen sichtbar.

Turmalin. Er beschränkt sich auf die Fraktionen $< 63\,\mu$ und kommt in kurzsäuligen Körnern vor, die oft an einem Ende Pyramiden-Flächen zeigen. Der Pleochroismus zeigt sich in leicht blau bis grünblauen Farben.

Röntgenographische und DTA-Untersuchungen

Die folgenden Tonminerale sind röntgenographisch erkennbar:

Illit. Er ist der Hauptbestandteil der Tonfraktion und läßt sich mit den wichtigsten Basisreflexen (10; 5; 3,34 Å), die sich weder beim Erhitzen noch beim Behandeln mit Glykol ändern, nachweisen. Es handelt sich um dioktaedrischen Illit, wie die (020)- und (060)-Reflexe bei 4,47 und 1,51 Å auf der Guinier-Aufnahme zeigen.

Chlorit. Auf der Goniometer-Aufnahme erschienen 14 Å (001)-, 7 Å (002)- und 4,5 Å (003)-Basisreflexe von Chlorit. Beim Erhitzen bis zu 550° C wird der 14 Å-Reflex intensiver. Die Intensität der Reflexe zeigt, daß Chlorit untergeordneter Bestandteil ist.

Kaolinit. Die wichtigsten Basisreflexe von Kaolinit liegen bei 7 Å (001) und 3,5 Å (002), die sich von den Chloritreflexen dadurch unterscheiden lassen, daß sie beim Erhitzen bis zu 550° C wegen des Zusammenbruchs des Kristallgitters verschwinden. In manchen Fällen sind der 3,57 Å (002)-Reflex von Kaolinit und der 3,53 Å (004)-Reflex von Chlorit voneinander getrennt, so daß die Unterscheidung sehr erleichtert wird. Wenn sie zusammenfallen, wird an dieser Stelle ein verbreiterter doppelzackiger Reflex erzeugt. Der (060)-Reflex von Kaolinit läßt sich auch in einigen Guinier-Aufnahmen neben dem von Illit deutlich erkennen.

Unregelmäßige Wechsellagerung zwischen Illit und Montmorillonit

Die Goniometer-Aufnahmen der Fraktionen $< 2\,\mu$ von Proben Nr. 1, 5, 6, 7 und 9 zeigen eine Bande, deren Maximum bei 11,5 Å lag. Es wurde zuerst vermutet, daß es sich um eine unregelmäßige Wechsellagerung zwischen Illit und Chlorit handelt und daß der Reflex einen Durchschnitt der (001)-(001)-Reflexe darstellt. Beim Behandeln mit Glykol verschob der Reflex sich zu 12,5 Å hin und wies damit die Anwesenheit einer quellfähigen Struktur nach, bei der es sich hier nur um Montmorillonit handeln kann, der wahrscheinlich Ca oder Mg als austauschbare Kationen hat. Also liegt der Reflex bei 11,5 Å zwischen dem Illit-Basisreflex bei 10 Å und dem Montmorillonit-Basisreflex bei 15 Å. Da die Verschiebung der Basisreflexe von Wechsellagerungen eine Funktion des Verhältnisses der quellfähigen Schichten und der nichtquellfähigen Schichten ist,

ergibt sich die Möglichkeit, dieses Verhältnis zu bestimmen. Aus der Kurve von WEAVER[18] erhält man für den vorliegenden Fall einen Anteil der quellfähigen Schichten von ungefähr 30%. Beim Erhitzen bis zu 550° C verschob der Reflex sich zu 10 Å hin, und der 10 Å-Illit-Reflex wurde intensiver. So wird die Annahme bestätigt, daß kein Chlorit in der Wechsellagerung vorhanden ist.

Bei der Probe Nr. 3 ist die geringe Intensität der Basislinien in den Texturaufnahmen wohl auf die schlechte Orientierung der Tonminerale zurückzuführen, für welche die sandige Beschaffenheit verantwortlich sein dürfte. In der Fraktion $< 2\,\mu$ dieser Probe sind auch Gips, Rubinglimmer (Lepidocrocit) und Hämatit nachweisbar.

Quarz, Feldspat und Karbonat sind in Texturaufnahmen sowie in Pulveraufnahmen nachweisbar. Es ist auffällig, daß in karbonatführenden Proben ein 2,91—2,92 Å-Reflex auftritt. Da dieser Reflex nicht den Werten von normalen Karbonaten — auch nicht Dolomit — entspricht, darf man ihn als Reflex eines Mischkarbonats auffassen. Wie der Brechungsindex (n_ω) zeigt (mit Ausnahme von Probe Nr. 3), ist Eisen keine Hauptkomponente in den Karbonaten. Es dürfte sich daher um ein trigonales Mischkarbonat zwischen $CaCO_3$ und $MgCO_3$ handeln. Wenn man die Lage der Reflexe mit den Kurven von GOLDSMITH und GRAF[9] vergleicht, so findet man, daß das Karbonat 35—40 Mol-% Mg enthält.

Die Pulveraufnahme eines stark pyrithaltigen Hagenowi-Tons, den Prof. CORRENS mir im Laufe meiner Arbeit zur Verfügung stellte, zeigte alle wichtigen Reflexe von Pyrit, die mit den Werten von HARCOURT[10] sehr gut übereinstimmen.

Die DTA-Aufnahmen zeigen bei 550° C den für Kaolinit charakteristischen Ausschlag, der durch den hohen Illitgehalt der Proben beeinflußt wird. Eine exotherme Reaktion bei 950° C läßt sich nicht zeigen. Quarz konnte auch mittels DTA nachgewiesen werden.

Tabelle 3. *Mineralbestand der Tonfraktionen*

Probe Nr.	Fraktion μ ⌀	Illit %	Wechsellagerung %	Chlorit %	Kaolinit %	Quarz %	Feldspat %	Karbonat %
9	<2	40	25	10	10	5		10
	2—6,3	40		10	10	20—25	5	10
7	<2	30	45	10	10	5		
	2—6,3	50		10	10	30		
6	<2	40	35	10	10	5		
	2—6,3	50		10	5—10	25	5	5
5	<2	60	10	10	10	5		5
	2 –6,3	45		10	10	25	5	5
3	<2	45		15	10	5	5	20
	2—6,3	30		5—10	5—10	30	10	20
1	<2	40	20	15	15	5		5
	2—6,3	50		10	10	25		5

Die mit Hilfe von DTA ermittelten Werte, besonders der Karbonatgehalt, dürften wesentlich genauer sein als die anderen Werte, die nur der Intensität der Reflexe in der Röntgenaufnahme entnommen wurden.

2. Torus-Mergel

Nach der HCl-Behandlung blieb ein Rückstand von 24,9%. Der CO_2-Gehalt der Gesamtprobe beträgt 33,5%.

Mikroskopische Untersuchung

Aggregate. Unregelmäßige braune oder lichtdurchlässige Aggregate sind in allen Fraktionen vorhanden.

Baryt. Er kommt in schwach grünlichen und in den meisten Fällen wegen der Spaltbarkeit in stark zerklüfteten Körnern vor. Die Begrenzungen sind unregelmäßig und auch manchmal ausgezackt. Sehr selten sieht man hypidiomorphe tafelige Körner. Dunkle Einschlüsse von Eisenerz sind häufig. Der Achsenwinkel beträgt etwa 36° (U.-Tisch).

Tabelle 4. *Korngrößenanalysen und Mineralzusammensetzung des Rückstandes*

Fraktion $\mu\varnothing$	%	Tonfraktion %	Karbonat %	Muskovit %	Aggregate %	Quarz %	Feldspat %	Baryt %	Eisenoxyd %	Chlorit %	Turmalin %	Zirkon %	Biotit %
<2	19,7	19,7*											
2—6,3	23,0	23,0*											
6,3—20	44,3			8,9	20,4	8,0	2,7	1,3	2,7	0,3			
20—63	11,9			0,5	3,1	2,3	0,4	0,4	4,8	0,1	0,1	0,1	0,1
63—200	1,1		0,01	0,02	0,1	0,23	0,05	0,04	0,63	0,01			0,01
Summe	100,0	42,7	0,01	9,42	23,6	10,53	3,15	1,74	8,13	0,41	0,1	0,1	0,11

* Mineralzusammensetzung s. Tabelle 5.

Biotit. Er kommt in leicht braun bis tief braunen Blättchen vor, die in den meisten Fällen am Rand in Chlorit umgewandelt sind, Einschlüsse von Eisenerz sind nicht selten.

Chlorit. Er zeigt sich in unregelmäßigen bläulichgrün gefärbten Blättchen, die schwachen Pleochroismus besitzen und manchmal Eisenerzeinschlüsse enthalten.

Zirkon. Er kommt in gerundeten Körnern vor.

Quarz, Feldspäte (Na und K), *Karbonat* (wahrscheinlich Mischkristall) und *Turmalin* zeigen dieselben Eigenschaften, wie in den bereits beschriebenen Tonen. Die Feldspäte sind selten tafelig ausgebildet. *Hämatit* läßt sich röntgenographisch erkennen.

Tabelle 5. *Mineralbestand der Tonfraktionen*

Fraktion $\mu\varnothing$	Illit %	Chlorit %	Kaolinit %	Quarz %	Feldspat %
<2	75	10	10	5	
2—6,3	50	5—10	5—10	30	5—10

Röntgenographische und DTA-Untersuchung

Illit (dioktaedrisch), Chlorit und Kaolinit sind vorhanden. In der Röntgenaufnahme der Fraktion 2—6,3 μ gibt es einen Reflex bei 2,7 Å, der ein Baryt oder Hämatit-Reflex sein kann. Der sehr starke Reflex (2,10 Å) von Baryt fällt mit dem 2,12 Å-Reflex von Quarz zusammen, so daß in der Röntgenaufnahme der Baryt schwer zu identifizieren ist. Mischkarbonat, dessen wichtigster Reflex um 2,92 Å liegt, ist aus der Pulveraufnahme nachweisbar.

3. Sandsteine

a) Planorbis-Kalksandstein

Dünnschliff-Untersuchung. Der Dünnschliff zeigt gebänderte Struktur, d. h. es wechseln dunkelbraune Bänder und gelblich gefärbte Bänder miteinander ab. Die dunkleren bestehen aus einer feinkörnigen karbonatischen Grundmasse, die hier und dort Quarz, Feldspäte und andere Minerale enthält. Sie verdanken die Braunfärbung den feinkörnigen Eisenoxyden, die überall verteilt sind. Die gelblich gefärbten Bänder bestehen dagegen aus etwas grobkörnigen Karbonaten, die Spaltbarkeit und Zwillinge zeigen, sowie Feldspäten und Quarz. Man sieht auch im Schliff tafelige oder ein wenig gerundete bläulichgrüne Chlorite und vereinzelte Pyrite, die sich schalig um Karbonat gebildet haben. Die Quarzkörner sind verschieden gestaltet. Ihr Rundungsgrad wurde nach der Methode von Dal Vesco (aus Moos und de Quervain[13]) ermittelt und läßt sich aus dem Blockdiagramm (Abb. 1) entnehmen.

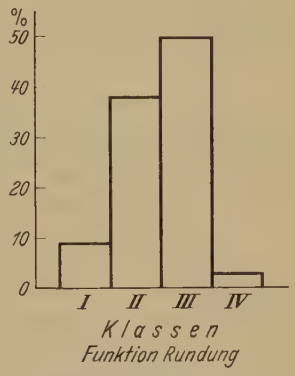

Abb. 1. Diagramm des Rundungsgrades der Quarzkörner vom Planorbis-Kalksandstein

Bei der Behandlung mit HCl blieb ein Rückstand von 52,8%.

Optische Untersuchung im Streupräparat

Karbonat. Es kommt in den Fraktionen $< 105\,\mu$ vor. Die Körner sind meistens unregelmäßig oder etwas gerundet. Auch rhomboedrische Körner sind manchmal zu sehen. Die Körner sind grünlich oder etwas bräunlich gefärbt. Nur ein paar Körner zeigen deutliche Spaltbarkeit.

Die chemische Analyse der Probe zeigt einen verhältnismäßig hohen FeO-Gehalt. Er läßt sich dadurch erklären, daß wahrscheinlich FeO im Karbonat eingebaut ist. Es liegt also ein Mischkristall vor. Der hohe Wert von n_ω (1,7) ist auch ein Beweis dafür.

Quarz. In den gröberen Fraktionen ist Quarz unter der Lupe in Form von unregelmäßig gestalteten glasglänzenden Körnern sichtbar. Unter dem Mikroskop sehen die Körner in den meisten Fällen hypidiomorph, etwas trübe oder verunreinigt mit Eisenoxyd, aus. Staubige dunkle Einschlüsse (wahrscheinlich Eisenerz) lassen sich auch in einigen Körnern erkennen.

Feldspäte. Die Feldspäte (Na und K) beschränken sich auf die Fraktionen $< 63\,\mu$. Sie sind meistens unregelmäßig, aber tafelige Formen lassen sich auch erkennen. Sie sind meistens klar und wie die vorher aus den Tonen beschriebenen Feldspäte schwach rosa gefärbt und enthalten manchmal dunkle Einschlüsse. Spaltbarkeit ist nicht deutlich, aber einige Körner zeigen Zwillingslamellen.

Aggregate. Sie sind die Hauptbestandteile der Fraktionen $< 200\,\mu$ und sind auch in allen anderen Fraktionen vorhanden. Die gröberen Körner sind dunkelgrau gefärbt und lassen sich mit einer Nadel oder Messerspitze zerstören. Sie sind plattig geformt. Mikroskopisch sind sie unregelmäßig und undurchlässig oder etwas braun. Die braunen Körner enthalten manchmal feine Einschlüsse von grauer Polarisationsfarbe. Wahrscheinlich handelt es sich um Quarz.

Tabelle 6. *Korngrößenanalysen und Mineralzusammensetzung des Rückstandes*

Fraktion $\mu \varnothing$	%	Tonfraktion %	Karbonat %	Muskovit %	Aggregate %	Quarz %	Feldspat %	Eisenminerale %	Chlorit %	Turmalin %	Zirkon %
<2	20,7	20,7*									
2—6,3	22,5	22,5*									
6,3—20	36,0		22,32	1,44	3,60	3,60	3,24	1,08	0,72		
20—63	19,5		12,57	0,4	1,0	3,12	1,75	0,6	0,02	0,02	0,02
63—105	0,6		+	0,05	0,1	0,4		0 05			
105—200	0,2			+	0,14	0,06		+			
200—350	0,1				0,05	0,05					
350—610	0,1				0,1	+					
>610	0,3				0,3	+					
Summe	100,0	43,2	34,89	1,89	5,29	7,23	4,99	1,73	0,74	0,02	0,02

* Mineralzusammensetzung s. Tabelle 8.

Chlorit. Er kommt in den Fraktionen $<63\,\mu$ vor. Die Körner sind etwas gerundet und zeigen geringe Doppelbrechung und schwachen Pleochroismus. Einschlüsse von Eisenerz sind häufig.

Zirkon. Er kommt in der Fraktion $20-63\,\mu$ in ausgebildeten Kristallen vor, die an den beiden Enden Pyramiden-Flächen zeigen. Die Ecken sind etwas gerundet. Der zonare Aufbau ist sehr deutlich zu sehen. In dem Zentrum der Körner sind dunkle Einschlüsse, die parallel zur Längsrichtung liegen.

Tabelle 7. *Chemische Analyse*

	%
SiO_2	14,90
TiO_2	0,49
Al_2O_3	5,17
Fe_2O_3	1,74
FeO	4,20
MnO	1,49
MgO	10,79
CaO	23,23
Na_2O	0,67
K_2O	1,00
H_2O^+	2,37
P_2O_5	0,10
CO_2	31,57
FeS_2	1,43
C	1,30
Summe	100,45

Turmalin, Muskovit und *Eisenminerale* zeigen dieselben Eigenschaften wie in den bereits beschriebenen Proben. Bei den Eisenmineralen handelt es sich wahrscheinlich um Hämatit.

Röntgenographische und DTA-Untersuchung

Beim Behandeln mit HCl bildet sich eine beträchtliche Menge von Eisenhydroxydflocken. Daher wurde anschließend aus einem Teil der Fraktion $<2\,\mu$ des Rückstandes nach der von DEB[7] empfohlenen Methode Eisen entfernt und ein Texturpräparat hergestellt. Die Röntgenaufnahme zeigte bessere Orientierung der Tonminerale bzw. bessere Intensität der Reflexe als die der eisenhaltigen Proben.

Als Tonminerale sind Illit (dioktaedrisch), Chlorit und Kaolinit vorhanden, die sich an Hand der wichtigsten Basisreflexe erkennen lassen. Es zeigt sich in der Röntgenaufnahme auch ein 6,15 Å-Reflex. Dieser könnte der wichtigste Reflex von Rubinglimmer (Lepidocrocit) oder von strukturähnlichem Boehmit sein, dessen Reflex um 6,23 Å liegt. Er könnte auch für den stärksten Reflex (6,13 Å) von Calcium-Oxalat-Trihydrat gehalten werden. Um zu unterscheiden, wurde die von BRAUN[2] empfohlene Methode verwendet. Sie beruht darauf, daß bei 12stündigem Erhitzen bei 180° C Calcium-Oxalat-Trihydrat zerstört wird, während Rubinglimmer und Boehmit unverändert bleiben. Beim Erhitzen bis zu 270° C läßt Boehmit sich nicht verändern, während Rubinglimmer in Hämatit umgewandelt wird. Ein Ausschlag bei 270° C in der DTA-Aufnahme bestätigt die Identifizierung von Rubinglimmer.

Quarz und Feldspäte sowie Mischkarbonat sind in der Texturaufnahme als auch in der Pulveraufnahme der Gesamtprobe nachweisbar. In jedem Fall liegt der wichtigste Reflex vom Mischkarbonat um 2,91 Å.

b) Hagenowi-Sandstein

Mikroskopische Untersuchung. Die mikroskopische Untersuchung konnte nur am Dünnschliff ausgeführt werden. Das Gestein ist sehr feinkörnig und aus Quarz und einer untergeordneten Beimengung anderer Minerale aufgebaut. Die Quarzkörner, deren Durchmesser etwa 30—50 μ beträgt, zeigen eine unregelmäßige Korngestalt und eine geringe Rundung. Das Bindemittel ist manchmal zwischen den Mineralkörnern als dünner brauner Film zu sehen.

Die Mineralbestandteile sind:

Quarz. Er ist das Hauptmineral und kommt in dicht gepackten Körnern vor. Sie sind farblos oder gelblich.

Feldspäte. Farblose unregelmäßige Körner von Feldspäten sind zwischen den Quarzkörnern eingelagert und lassen sich von ihnen an Hand ihrer Zwillingslamellierung unterscheiden. Die Lamellen sind sehr dünn.

Tabelle 8. *Mineralbestand der Tonfraktionen*

Fraktion μ ø	Illit %	Chlorit %	Kaolinit %	Quarz %	Feldspat %	Karbonat %
<2	70	5—10	10		5	5
2—6,3	65	5	5	10	10	5

Glimmer. Farblose tafelige oder prismatische Blättchen von Muskovit, die keine bestimmte Orientierung haben, lassen sich durch Spaltbarkeit und hohe Doppelbrechung identifizieren. Biotit hat ähnliche Tracht, aber die Körner sind braun und zeigen schwachen Pleochroismus.

Chlorit. Tafelige oder ein wenig gerundete Körner von Chlorit, die in blauen Farben pleochroitisch sind und graue Interferenzfarben zeigen, sind vorhanden.

Zirkon. Er ist verhältnismäßig häufig und kommt in gerundeten tafeligen oder prismatischen Körnern mit Pyramiden-Flächen an beiden Enden vor. Die Ecken sind etwas gerundet.

Röntgenographische und DTA-Untersuchung

Die qualitativ abgetrennte Fraktion $<2\,\mu$ wurde röntgenographisch untersucht. Die Aufnahme zeigt außer den Illit-Reflexen eine Serie von 12, 8, 6 und 4,8 Å-Reflexen, die sich weder beim Behandeln mit Glykol noch beim Erhitzen ändern. Da die Reflexe eine regelmäßige Serie bilden, ist es sehr wahrscheinlich, daß sie von einer ziemlich regelmäßigen Wechsellagerung von Chlorit (14 Å) und Illit (10 Å) herrühren. Die Reflexe können erklärt werden als (001)-(001)-, (002)-(001)-, (002)-(002)-, (003)-(002)-Reflexe dieser Minerale. Wie die Intensität der Reflexe auf der Texturaufnahme zeigt, ist reiner Illit ein untergeordneter Bestandteil im Vergleich zur Wechsellagerungsstruktur. Auf der Guinier-Aufnahme traten außer den Linien des Quarzes zwei (020)-Linien um 4,57 und 4,50 Å und zwei (060)-Linien um 1,53 und 1,50 Å auf. Man darf erwarten, daß die jeweils erstgenannten Linien von dem trioktaedrischen Bestandteil (wahrscheinlich Chlorit aus der Wechsellagerung) herrühren, während die anderen, etwas schwächeren Linien auf dioktaedrischen Illit zurückzuführen sind.

Die DTA-Aufnahme konnte hier nichts verdeutlichen.

c) Angulaten-Sandstein

Dünnschliff-Untersuchung. Der Dünnschliff zeigt unter dem Mikroskop eine mittelkörnige Grundmasse, bestehend aus Kalkspat, in die Quarz und untergeordnet andere Minerale sowie hie und da linsenförmige, an beiden Enden auskeilende Karbonatknollen eingebettet sind. Die Quarzkörner sind meistens xenomorph und haben eine scharfe Begrenzung gegen das karbonatische Bindemittel. Der Rundungsgrad der Körner ist aus dem Blockdiagramm (Abb. 2) zu entnehmen. Außer den Feldspatkörnern, die sich von dem Quarz durch tafelige Tracht und polysynthetische Zwillinge unterscheiden lassen, sind prismatische und unregelmäßig orientierte Blättchen von Muskovit vorhanden. Gerundete oder selten idiomorphe Körner von Turmalin und Zirkon sowie blaugrün gefärbte Chloritblättchen lassen sich erkennen. Man sieht auch grobkörnige braun gefärbte Tonaggregate, in denen Quarzkörner und Glimmerblättchen deutlich zu unterscheiden sind. Die dunklen Gemengteile bestehen aus Pyrit und Eisenoxyd, die in unregelmäßigen Körnern vorkommen.

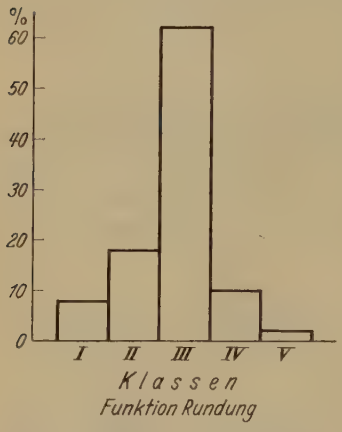

Abb. 2. Diagramm des Rundungsgrades der Quarzkörner vom Angulatensandstein

Bei der HCl-Behandlung wurden 65,3 % Rückstand erhalten.

Optische Untersuchung im Streupräparat

Quarz. Er ist der Hauptbestandteil der gröberen Fraktionen $> 200\,\mu$ ⌀ und läßt sich deutlich unter der Lupe erkennen. Unter dem Mikroskop sind die Körner meistens unregelmäßig, aber hypidiomorphe oder idiomorphe Körner mit hexagonalen Umrissen sind nicht selten. Die Körner sind trübe oder etwas gefärbt. Öfter sieht man dunkle oder grünliche feinkörnige Einschlüsse, die sich optisch nicht identifizieren lassen.

Feldspäte. Außer den Na- und K-Feldspäten, welche dieselben Eigenschaften wie in den bereits beschriebenen Proben zeigen, kommt in der Fraktion $63-105\,\mu$ Plagioklas vor. Er zeigt zonare Struktur, wobei der Kern kalziumreicher und die Umgebung natriumreicher ist.

Muskovit und Aggregate. Diese zeigen die bereits beschriebenen Eigenschaften.

Tabelle 9. *Korngrößenanalysen und Mineralzusammensetzung des Rückstandes*

Fraktion μ ⌀	%	Tonfraktion %	Muskovit %	Aggregate %	Quarz %	Feldspat %	Schwerminerale %	Basaltgerölle %
<2	7,0	7,0*						
2—6,3	6,7	6,7*						
6,3—20	11,4		0,7	1,2	7,7	0,9	0,9	
20—63	67,6		0,7	1,4	54,1	7,4	4,0	
63—105	6,5			0,3	5,7	0,3	0,2**	
105—200	0,1		+	0,07	0,01		0,02	
200—350	0,1			0,05	0,05			
350—610	0,1			0,05	0,05		+	
>610	0,5							0,5
Summe	100,0	13,7	1,4	3,07	67,61	8,6	5,12	0,5

* Mineralzusammensetzung s. Tabelle 11. ** Mit Bromoform abgetrennt.

Schwerminerale

Die Schwerminerale kommen häufig in fast allen Fraktionen vor. Die aus der Fraktion 63—105 μ mit Bromoform abgetrennte Menge von Schwermineralen betrug 0,2%. Sie besteht volummäßig aus Augit 35%, Eisenmineralen 35%, Aggregaten 12%, Hornblende 9%, Biotit 5%, Rest 4%.

Augit. Er kommt auch in der Fraktion 105—200 μ vor. Die Körner sind unregelmäßig, etwas gerundet oder tafelig mit gezähnelten Kanten. Zerklüftete Gestalt ist nicht selten zu sehen. Die Körner sind leicht grün oder bräunlich grün gefärbt. Spaltbarkeit ist nur in einer Richtung deutlich zu sehen. Hier beträgt die Auslöschungsschiefe 40—46°. Zwillingslamellen wahrscheinlich nach (001) und (001), die die sog. Herringbone-Struktur bilden, lassen sich auch an einem Korn zeigen. Wegen der hohen Dispersion der Körner war der Achsenwinkel auf dem U.-Tisch schwer zu bestimmen. Wo er gemessen werden konnte, liegt er um 66°. n ist etwa 1,74.

Tabelle 10. *Chemische Analyse*

	%
SiO_2	58,10
TiO_2	0,58
Al_2O_3	2,61
Fe_2O_3	0,91
FeO	0,88
MnO	0,18
MgO	1,09
CaO	18,42
Na_2O	0,49
K_2O	0,72
H_2O^+	1,15
P_2O_5	0,14
CO_2	14,21
FeS_2	0,28
Summe	99,76

Hornblende. Sie kommt meistens in Form von langgestreckten gelbbraun gefärbten Blättchen vor, die schwach pleochroitisch sind. Die Auslöschungsschiefe beträgt 10 bis 12°, und n liegt um 1,72. 2V ist etwa 75° (U.-Tisch).

Eisenminerale. Hypidiomorpher Pyrit beschränkt sich auf die Fraktion 105 bis 200 μ. Eisenoxyd (wahrscheinlich Hämatit) kommt in fast allen Fraktionen in Form von unregelmäßigen dunklen Körnern vor.

Aggregate. Die mit Bromoform abgetrennten Aggregate sind vermutlich durch Brauneisen verkittet.

Biotit. Gelbbraune Blättchen von Biotit lassen sich von Hornblende durch gerade Auslöschung unterscheiden.

Zirkon. Er ist in allen Fraktionen 20—200 μ vorhanden. Es sind meistens gerundete farblose sowie trübe Körner. Selten sieht man idiomorphe Kristalle.

Granat. Er tritt in Gestalt von farblosen völlig gerundeten und elliptischen Körnern auf.

Chlorit. Er zeigt sich in allen Fraktionen $< 200\ \mu$ als etwas gerundete grüne Blättchen, die schwach pleochroitisch sind. Die Auslöschungsschiefe wurde bis 12° gemessen, aber meistens sind die Körner klein und daher fast isotrop.

Karbonat. Es zeigt sich in den Fraktionen $< 105\ \mu$ in unregelmäßigen Körnern. Wahrscheinlich ist es ein Mischkristall.

Rutil. Er kommt in der Fraktion 105—200 μ in einem Korn vor und ist idiomorph mit unregelmäßigen achtseitigen Umrissen. Er ist orangegelb gefärbt und schwach pleochroitisch. Das Korn fällt durch seine unvollständige Auslöschung auf. Die Interferenzfarben sind von der Mineralfarbe überdeckt. Konoskopisch konnten die Einachsigkeit und der positive Charakter festgestellt werden.

Magnetit. Stahlgrau glänzender, schlecht würfelig ausgebildeter Magnetit kommt in Fraktion 350—610 μ vor.

Turmalin. Er kommt in kurzsäuligen grünblauen Körnern in der Fraktion 20—63 μ vor.

Gerölle von Ergußgesteinen (bis 5 mm ⌀), die in der Fraktion $> 610\,\mu$ vorkommen, haben ein besonderes Interesse.

Der Dünnschliff zeigt porphyrische Struktur. Die Einsprenglinge Augit, Plagioklas und Hornblende sind von einer grünlichen, aus Augit, Chlorit, Eisenerz und Feldspäten bestehenden Grundmasse eingeschlossen. Der volummäßige Anteil der Einsprenglinge beträgt: Augit 38%, Plagioklas 52%, Hornblende 10%.

Tabelle 11. *Mineralbestand der Tonfraktionen*

Fraktion μ ⌀	Illit %	Chlorit %	Kaolinit %	Quarz %	Feldspat %
<2	50	25	10	10	5
2—6,3	25	25	10	35	5—10

Augit. Er kommt in grünlich gefärbten, meistens prismatischen Körnern vor. Öfter sieht man auch ophitische Struktur. Die Auslöschungsschiefe beträgt 36—47°. Der Achsenwinkel beträgt nach U.-Tischmessungen 56—60°.

Plagioklas. Er ist tafelig ausgebildet und außerordentlich frisch. Manche Körner zeigen auch konzentrischen zonaren Aufbau, in dem der Kern kalziumreicher und der Rand natriumreicher ist. Der Plagioklas ist ein Andesin-Labrador (An 50%).

Hornblende. Sie hat folgenden Pleochroismus:

X—Gelbbraun Y=Z—Braun.

Die Auslöschungsschiefe beträgt 15° und der Achsenwinkel 75°.

Eisenerz. Es kommt in unregelmäßigen Körnern unterschiedlicher Größe vor. Es handelt sich demnach mineralogisch und strukturmäßig um einen *Basalt.*

Röntgenographische und DTA-Untersuchung

Illit (dioktaedrisch), Chlorit und Kaolinit lassen sich röntgenographisch erkennen. Die Pulveraufnahme zeigt, daß Kalzit als Hauptkarbonat vorhanden ist. Dolomit kommt in sehr untergeordneter Menge vor, wie die Intensität seiner Reflexe zeigt. Feldspat-Reflexe lassen sich auch erkennen.

Diskussion

Aus dem vorhergehenden Bericht läßt sich entnehmen, daß es sich bei der untersuchten Schichtfolge um ein einheitliches Profil handelt. Die Mineralzusammensetzung des klastischen Bestandteils ist im Profil fast gleich. Abweichungen liegen qualitativ und quantitativ bei den chemischen Absätzen, d. h. den Karbonaten, vor. Mit Ausnahme des Hagenowi-Sandsteines, der durch rein klastische Sedimentation gekennzeichnet ist, treten Karbonate in wechselnden Mengen in allen Schichten des Profils auf. Der untere Teil des Profils wird dabei durch das ausschließliche Vorhandensein eines Karbonats von nahezu der Zusammensetzung des Dolomits (35—40 Mol-% Mg) gekennzeichnet, welches nach oben mengenmäßig zurücktritt und mehr und mehr von reinem Kalzit abgelöst wird, welcher in den oberen Schichten das herrschende Karbonat ist. Das Auftreten von Basalt als Geröll und von vielen Schwermineralen basaltischer Herkunft in der obersten Schicht, dem Angulaten-Sandstein, ist überraschend.

Abtragungsgebiet und Ablagerungsraum. Die untersuchten Gesteine stellen die Flachseesedimente, die im nordwestdeutschen Sedimentationsraum während der Rhät-Lias-Zeit abgelagert wurden, dar. Dieses Becken wurde begrenzt im Südosten von dem Böhmisch-Herzynischen Block, der nach HOFFMANN vermutlich

den überwiegenden Teil der Sedimente lieferte, und im Südwesten durch die Ardennisch-Rheinische Masse. Außer diesen beiden Hochgebieten traten im nördlichen Teil der Hessischen Straße noch einige Schwellen auf.

Versuchen wir nun, die klastischen Bestandteile mit dem Einzugsgebiet in Beziehung zu bringen. Als Blattsilikate sind außer Illit, der überwiegt, Kaolinit und Chlorit vorhanden. Ferner machen Quarz, Glimmer und Feldspäte (K und Na) zusammen den größten Teil der übrigen Minerale aus. Die am häufigsten beobachteten Schwerminerale sind Turmalin und Zirkon. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß vermutlich vor allem saure Eruptiva bzw. ältere Sedimentgesteine zur Sedimentbildung beigetragen haben. Die Beobachtungen an den Quarzen (Fehlen undulöser Auslöschung und von Formen einseitig betonter Richtung, Art der Einschlüsse) deuten ebenfalls nicht auf hochmetamorphe Abkunft des Materials.

Erst während der Spätangulatenzeit erfuhr das Abtragungsgebiet eine Veränderung. Wir müssen annehmen, daß entweder ein älterer, aber petrographisch noch wenig veränderter basaltischer Körper der Verwitterung ausgesetzt wurde oder Gerölle eines frischen Basaltes in ihrer Grundmasse im Sediment verändert wurden. Außer dem geringen Anteil an Basaltgeröllen und dem Auftreten von Schwermineralen basaltischer Herkunft (Augit, Hornblende) steht auch der höhere Chloritgehalt in der Tonfraktion dieses Gesteins (25% der Tonfraktion) möglicherweise mit der Abtragung dieser basischen Gesteine in Zusammenhang. Im ganzen gesehen kann man vermuten, daß der Flächenanteil des Ergußgesteins am Abtragungsgebiet nur gering war. Vulkanische Ereignisse sind im Mesozoikum bis heute im nördlichen Mitteleuropa nicht bekannt. Anderseits liegen die paläozoischen Vulkanite heute durchgehend in stark verändertem Zustand vor. Es ist also nicht möglich, die vorliegenden Gerölle und Schwerminerale auch nur vermutungsweise auf ein bekanntes Gestein oder eine bekannte vulkanische Tätigkeit zu beziehen.

Wichtig erscheint, daß die Karbonate 35—40 Mol-% Mg enthalten und damit fast das Dolomit-Verhältnis erreichen. Ihre Entstehung kann hier nicht diskutiert werden. Die Schwankungen des Karbonatgehaltes im Profil können wechselnde Verhältnisse sowohl der Entstehung als auch der Erhaltung widerspiegeln (CO_2-Konzentration, p_H, Temperatur usw.).

Diagenese. Als ein Vorgang, der sicher in den Bereich der Diagenese gehört, ist die Entstehung der Ton-Aggregate anzusehen. Man kann vermuten, daß auch die Bildung der Tonminerale mit Wechsellagerung nach der Ablagerung im Sediment vor sich gegangen ist.

Ob unter den Feldspäten Neubildungen auftreten, läßt sich nicht sicher entscheiden. Einschlüsse des umgebenden Karbonats im Feldspat wurden nicht gefunden. Eine exakte optische Unterscheidung war wegen der Kleinheit der Körner nicht möglich. Idiomorphe Kristallgestalt wurde nur selten beobachtet.

Pyrit, Gips, Baryt und Rubinglimmer sind sicherlich im Sediment entstanden. Die Bildung von Pyrit wird auf die Reduktion von Eisen durch organische Substanz zurückzuführen sein. Die Entstehung der Sulfate läßt sich aus der Reaktion von aus der Oxydation von Sulfiden entstehender Schwefelsäure mit Calcium bzw. Barium erklären. Der Rubinglimmer ist wahrscheinlich als heutiges Verwitterungsprodukt zu betrachten.

Zusammenfassung

Das Rhät-Lias-Profil am westlichen Stadtrand von Göttingen wurde optisch, röntgenographisch, chemisch und mit der Differentialthermoanalyse untersucht. Es handelt sich um ein einheitliches Profil aus teils mergeligen, aber stets karbonatführenden Tonen mit zwischengeschalteten, teils kalkigen Sandsteinen. Der Tonmineralbestand setzt sich aus Illit als Hauptbestandteil, Kaolinit, Chlorit und Wechsellagerungen Illit/Montmorillonit und Illit/Chlorit zusammen. Die Zusammensetzung des Karbonatbestandteils ändert sich im Profil vom Liegenden zum Hangenden von einem Karbonat mit 60 Mol-% Ca und 40 Mol-% Mg (unten) zu reinem Kalzit (oben). In der obersten untersuchten Schicht, dem Angulaten-Sandstein, wurden einige Basaltgeröllchen und Schwerminerale basaltischer Herkunft gefunden.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. C. W. Correns, danke ich herzlich für die Überlassung dieses Problems und sein reges und förderndes Interesse bei der Ausführung und für alles, was ich in seiner Schule lernen durfte.

Ferner danke ich Frl. Dr. P. Schneiderhöhn, Herrn Prof. Dr. H. Schmidt und den Herren Dr. F. Lippmann und Dr. H. Köster für die Hilfe bzw. praktischen Hinweise und allen Kollegen, die mir meine Arbeit erleichtert haben.

Literatur

[1] Bradley, W. F.: Diagnostic criteria for clay minerals. Amer. Mineral. **30**, 704—713 (1945). — [2] Brown, G.: The occurrence of lepidocrocite in some British soils. J. Soil Sci. **4**, 220—228 (1953). — [3] Correns, C. W.: Wissenschaftliche Ergebnisse der Meteor-Expedition, S. 35. Berlin u. Leipzig 1937. — [4] Correns, C. W.: Zur Methodik der Schwermineraluntersuchung. Z. angew. Mineral. **4**, 1—11 (1943). — [5] Correns, C. W., u. H. Piller: Mikroskopie der feinkörnigen Silikatminerale. In Handbuch der Mikroskopi ein der Technik, Bd. 4, Mikroskopie der Silikate, Teil 1: Mikroskopie der Gesteine. 1955. — [6] Correns, C. W., u. W. Schott: Vergleichende Untersuchungen über Schlämm- und Aufbereitungsverfahren von Tonen. Kolloid-Z. **61**, 68—80 (1932). — [7] Deb, B. C.: The estimation of free iron oxides in soils and clays and their removal. J. Soil Sci. **1**, 212—220 (1949). — [8] Fairbairn, H. W.: Gelatine-coated slides for refractive index immersion mounts. Amer. Mineral. **28**, 396—397 (1943). — [9] Goldsmith, J. R., and D. L. Graf: Relation between lattice constants and composition of the Ca-Mg Carbonates. Amer. Mineral. **43**, 84—101 (1958). — [10] Harcourt, G. Allen: Tables for the identification of ore minerals by powder patterns. Amer. Mineral. **27**, 63—113 (1942). — [11] Hoffmann, Karl: Zur Paläogeographie des nordwestdeutschen Lias und Doggers. Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland, Sammelband, veröffentlicht vom Amt für Bodenforschung Hannover, Celle, S. 113—129. 1949. — [12] Johns, W. D., R. E. Grim and W. F. Bradley: Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. J. Sed. Petr. **24**, 242—251 (1954). — [13] Moos, A. v., u. F. de Quervain: Technische Gesteinskunde, S. 64. Basel: Birkhäuser 1948. — [14] Piller, H.: Die Phasenkontrastmikroskopie als Hilfsmittel zur Bestimmung feinkörniger, speziell dünner, transparenter Minerale. Heidelbg. Beitr. Mineral. u. Petrogr. **3**, 307—324 (1952). — [15] Shapiro, L., and W. W. Brannock: Rapid analysis of silicate rocks. Geol. Survey Bull. 1036C (1955). — [16] Stille, H.: Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Göttingen, Nr. 2520, 3. Aufl. S. 16—18. Berlin 1932. — [17] Stille, H., u. F. Lotze: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Umgebung von Göttingen (Hochschul-Exkursionskarte Nr. 3) herausgeg. von der Preußischen Geologischen Landesanstalt, S. 26—27. Berlin 1933. — [18] Weaver, Charles E.: The distribution and identification of mixed-layer clays in sedimentary rocks. Amer. Mineral. **41**, 202—221 (1956). — [19] Wolff, Tilmann Freiherr v.: Beschreibung einer leicht justierbaren Guinier-Kamera für alle Winkelbereiche. Heidelbg. Beitr. Mineral. u. Petrogr. **4**, 243 bis 250 (1954).

Dr. Amba Datt Kharkwal, Department of Geology, University of Lucknow, Lucknow, U. P. (Indien)

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg

Lebenslauf

Als Sohn des Hiramani Kharkwal und seiner Ehefrau Tulsi wurde ich am 12. April 1926 im Bezirk Almora des indischen Staates Uttar Pradesh geboren. Ich bin indischer Staatsbürger und Angehöriger des Hinduglaubens.

Durch meinen Hauslehrer vorbereitet, besuchte ich im Jahre 1937 in Pitoragarh zuerst die A.V. Mission-School und anschließend die K. G. VI Coronation High School. Darauf trat ich in das Intermediate College Almora ein, um mich dem Studium der Naturwissenschaften (Physik, Chemie und Biologie) zu widmen.

Im Jahre 1945 immatrikulierte ich mich an der Hindu-Universität von Benares, die ich bis 1949 besuchte. Ich studierte im Hauptfach Geologie, daneben Chemie und Botanik und bestand im Jahre 1949 die M. Sc. Prüfung sehr gut. Im selben Jahr wurde ich als Lektor für Geologie an der Universität Lucknow eingestellt. Zum weiteren Studium in Deutschland erhielt ich 1956 ein indisch-deutsches Stipendium. Im Mai 1957 immatrikulierte ich mich an der Universität Göttingen und wurde von Herrn Prof. C.W. Correns im Sedimentpetrographischen Institut aufgenommen. Ich nahm an Vorlesungen bzw. Praktika von den Herren Professoren Dr. Correns, Dr. Zemann, Dr. Bederke, Dr. Scheffer, Dr. Koritnig und dem Herrn Dozenten Dr. Wedepohl teil. Als Doktorarbeit führte ich Untersuchungen zum Mineralbestand des Lias bei Göttingen durch, deren Ergebnisse ich jetzt in meiner Dissertation vorlege.

Amba Datt Kharkwal

Göttingen, den 5. Juni 1959.